

стимих враховані напруження плинності матеріалу конструкції, які дорівнюють 345 МПа [4, 5].

Проведені дослідження сприятимуть підвищенню ефективності експлуатації вагонів-хоперів, а також створенню напрацювань щодо проектування їх перспективних конструкцій.

Література

1. Oleksij Fomin, Juraj Gerlici, Glib Vatulia, Alyona Lovska, Kateryna Kravchenko. Determination of the Loading of a Flat Rack Container during Operating Modes // Applied Science. 2021. Vol. 11. 7623. <https://doi.org/10.3390/app11167623>

2. Alyona Lovska, Oleksij Fomin, Vaclav Pistek, Pavel Kucera. Calculation of loads on carrying structures of articulated circular-tube wagons equipped with new draft gear concepts // Applied Sciences. 2020. Vol. 10(21). 7441. doi:10.3390/app10217441

3. Lovska A. O. Computer simulation of wagon body bearing structure dynamics during transportation by train ferry // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2015. Vol. 3, Issue 7 (75). P. 9–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.43749>

4. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.

5. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ГосНИИВ-ВНИИЖТ, М, 1996 г. – 84 с.

Абрамов Дмитрій Володимирович, докт. техн. наук, професор каф. ТМ і РМ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Varan_mail@ukr.net

Смаль Кирил Сергійович,

Діденко Дмитро Олександрович, студенти гр. АПМ-21-20, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, gorppu.try@gmail.com

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЛАНОК РОБОТА МПУС-10

Промисловим роботам властива активна і цілеспрямована взаємодія з зовнішнім середовищем. Це досягається за рахунок структурної організації робота, яка визначається призначенням, характером технологічних операцій, видом рухів, вимогами до вантажопідйомності і точності позиціонування [1 - 5].

Для приведення в дію ланок маніпулятора цих роботів в основному використовуються пневматичні приводи. В якості основних характеристик маніпуляторів в першу чергу слід розглядати число ступенів рухливості, ва-

нтажопідйомність, зону обслуговування і його динамічні властивості.

Промисловий робот МПУС-10 вантажопідйомністю 2 кг призначений для автоматизації технологічних процесів, де необхідно здійснити захоплення, перенос і установку деталі на технологічне устаткування (рис. 1) [6 - 8]. Характеристика робота-маніпулятора МПУС-10 зведена в таблицю 1.

Мета експериментальних досліджень – визначення динаміки ланок робота-маніпулятора з пневматичним приводом при виконанні окремих технологічних операцій. Видача рекомендацій для практичного використання отриманих результатів.

Таблиця 1 – Технічна характеристика робота-маніпулятора МПУС-10, що використовувався в експериментальному дослідженні [1], [4]

Вантажопідйомність	2 кг
Маса	105 кг
Тип системи керування	циклова
Число місць позиціонування по кожній ступені рухливості	2
Тип привода	пневматичний
Робочий тиск повітря	0,5-0,6 МПа
Поворот виконавчого пристрою	180°
Підйом виконавчого пристрою	50 мм
Висування виконавчого пристрою	800 мм
Точність позиціонування	±0,1 мм

Перед початком експериментальних досліджень було забезпечено тиск стиснутого повітря в приводі робота-маніпулятора на рівні 0,6 МПа шляхом застосування компресора (рис. 1 а). При досягненні необхідного тиску в пневматичному приводі, на робот-маніпулятор МПУС-10 подавалась команда з керівного пристрою ЕПК-1030 на рух.

Під час проведення експериментального дослідження реєструвалися такі параметри як характер руху «руки» робота-маніпулятора, тиск повітря у пневматичному приводі, прискорення середньої ланки та захвата робота-маніпулятора за поздовжньою відносно «руки» маніпулятора горизонтальною віссю x , прискорення середньої ланки та захвата робота-маніпулятора за поперечною відносно «руки» маніпулятора горизонтальною віссю y , прискорення середньої ланки та захвата робота-маніпулятора за вертикальною віссю z , час руху t .



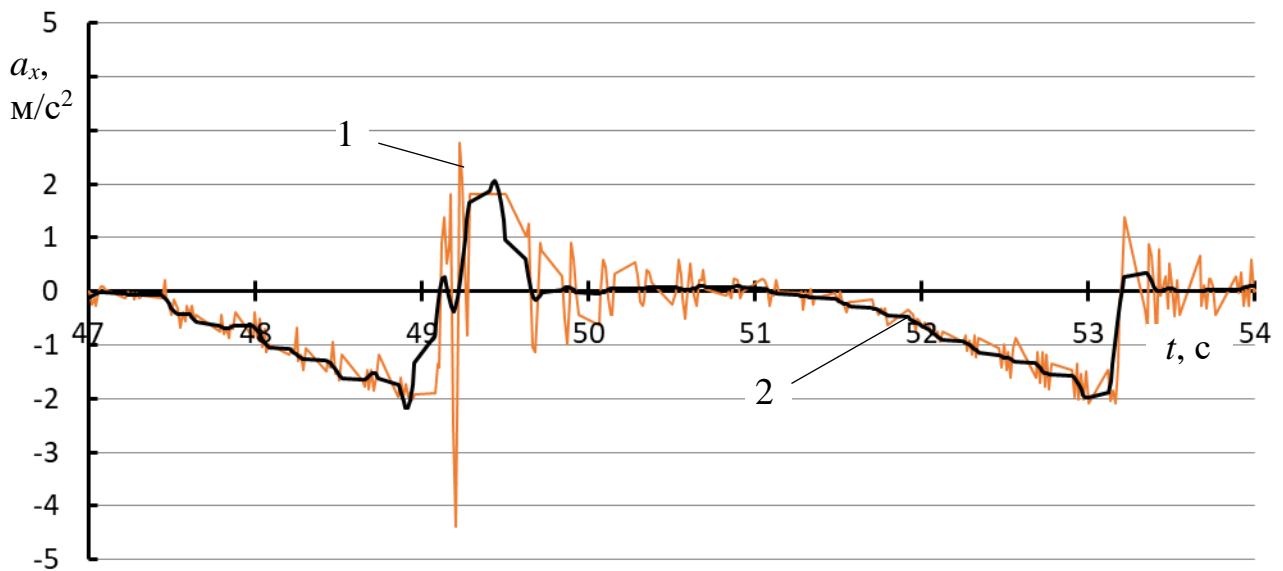
1 – робот-маніпулятор; 2 – система керування; 3 – компресор;
4 – реєстраційно-вимірювальний комплекс

Рисунок 1 – Робот-маніпулятор МПУС-10 з приводним компресором, системою керування ЕПК-1030 та реєстраційно-вимірювальним комплексом під час проведення експериментальних досліджень

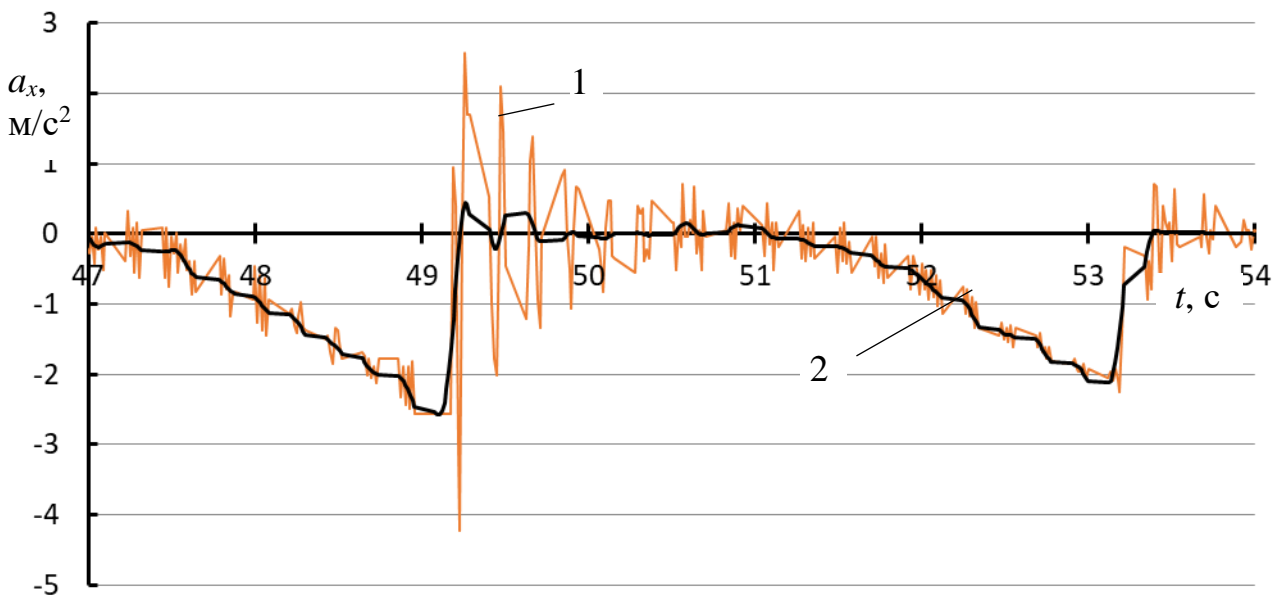
Під час проведення експериментального дослідження робот-маніпулятор відпрацьовував наступні команди:

- висування «руки» робота-маніпулятора уперед у поздовжньому напрямку;
- поворот «руки» робота-маніпулятора у горизонтальній площині на 90° ;
- поворот захвата робота-маніпулятора навколо поздовжньої горизонтальної осі на 180° ;
- рух захвата робота-маніпулятора у горизонтальній площині у поперечному напрямку.

За результатами проведеного експериментального дослідження отримано дані, з використанням яких побудовано графіки зміни поздовжнього, поперечного та вертикального прискорень ланок робота-маніпулятора МПУС-10 у часі при відпрацюванні команд на рух від пристрою керування ЕПК-1030, які наведені на рис. 2 – 3.



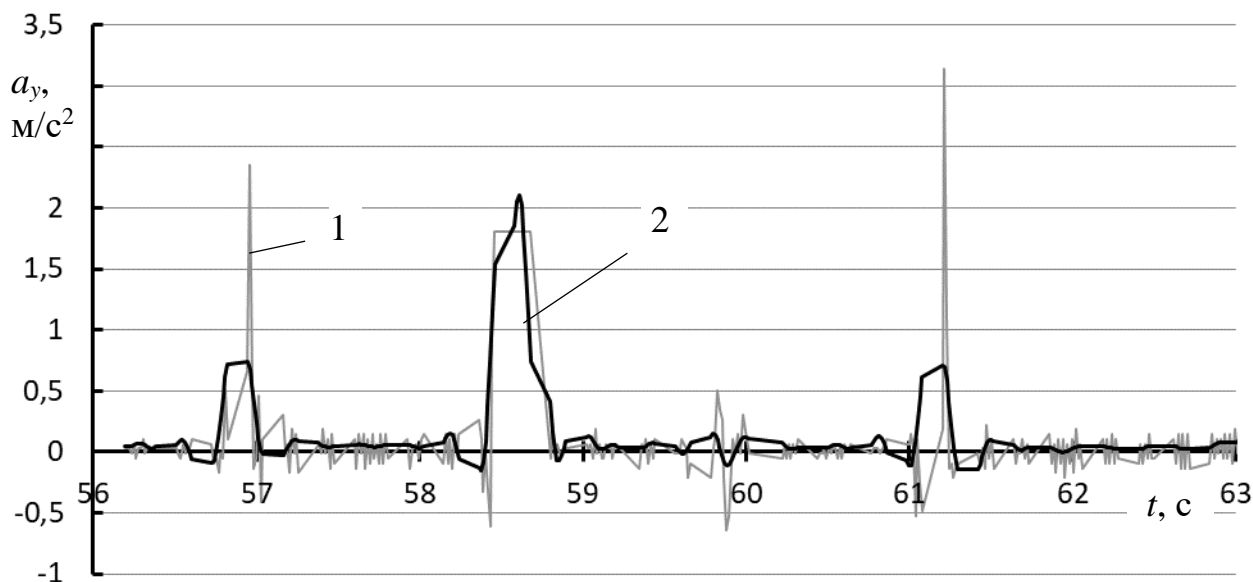
а



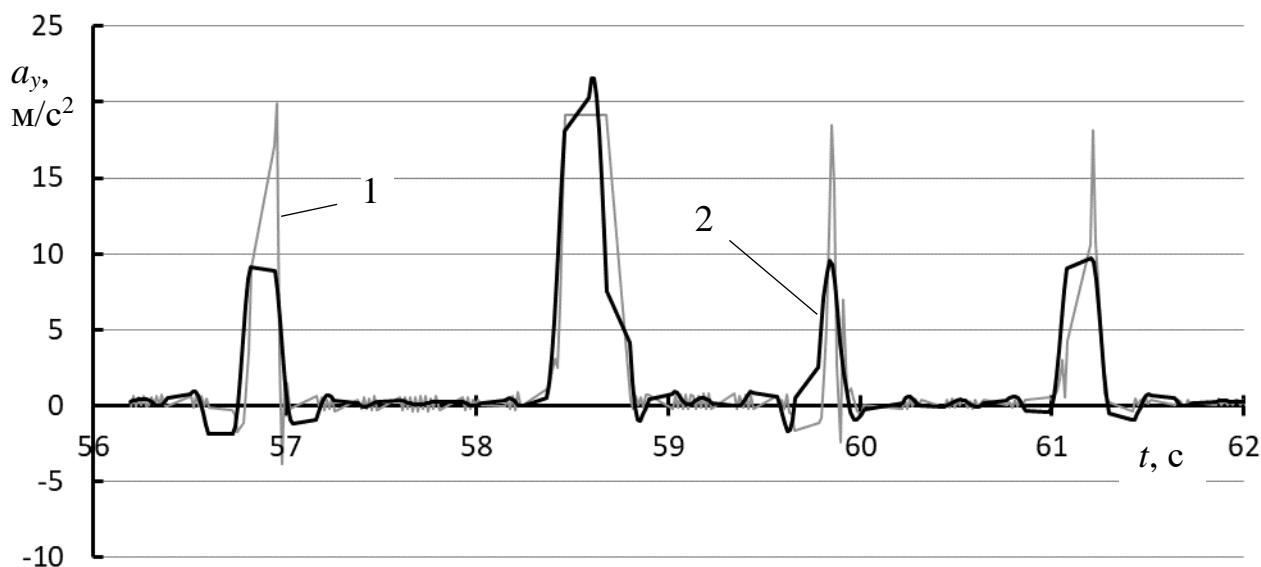
б

1 – невідфільтровані дані; 2 – відфільтровані фільтром Баттерворта дані
 а – середньої ланки маніпулятора; б – захвата

Рисунок 2 – Графік зміни горизонтального поздовжнього прискорення при повороті руки маніпулятора на 90^0 та поверненні в початкове положення



а



б

1 – невідфільтровані дані; 2 – відфільтровані фільтром Баттерворта дані
а – середньої ланки маніпулятора; б – захвата

Рисунок 3 – Графік зміни горизонтального поперечного прискорення при повороті захвата на 180^0 та поверненні в початкове положення

Аналіз отриманих графіків дозволив виявити наступне. Максимальні значення прискорень (до $\pm 15,0 \text{ м/с}^2$ у захвата у вертикальному напрямку) спостерігаються при повороті захвата на 180^0 та поверненні в початкове положення. Якщо врахувати в цьому значенні прискорення вільного падіння $9,8 \text{ м/с}^2$, то величина прискорення у вертикальному напрямку складе $5,2 \text{ м/с}^2$.

При повороті руки маніпулятора на 90^0 та поверненні в початкове положення максимальні значення прискорень зафіксовано у горизонтальному поперечному напрямку і складає $\pm 9,2 \text{ м/с}^2$ у середньої його ланки у моменти удару руки ма-

ніпулятора у стопор. Безпосередньо під час повороту горизонтальні позадвжні прискорення як середньої ланки, так і захвата маніпулятора досягають $\pm 2,1 \text{ м/с}^2$. Мінімальні значення прискорень (до $\pm 0,9 \text{ м/с}^2$ як у середньої ланки маніпулятора, так і у захвата) спостерігаються під час руху захвата у поперечному напрямку та поверненні в початкове положення.

Поява піків прискорень, які зафіксовано під час експериментальних досліджень, обумовлено як прискореним рухом ланок маніпулятора під час відпрацювання відповідних команд від керуючого пристрою, так і ударами в упори при завершенні руху. Для зниження рівня максимальних прискорень рекомендується впровадити у конструкцію робота-маніпулятора МПУС-10 демпферів, які б пом'якшували удари під час його роботи.

Література

1. Юревич Е.И. Устройство промышленных роботов / Е.И. Юревич, Б.Г. Аветиков. – Л.: Машиностроение, 1980. – 295 с.
2. Макаров И.М. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. Кн. 5. Моделирование робототехнических систем и гибких автоматизированных производств. – М.: Высшая школа, 1986. – 186 с.
3. Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление. Серия «Библиотека инженера» / А.Г. Булгаков, В.А. Воробьев/ – М.: Солон-пресс, 2011. – 488 с.
4. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы. Основные типы и технические характеристики. Учебное пособие. – М: КноРус, 2016. – 560 с.
5. Козырев Ю.Г. Применение промышленных роботов. Учебное пособие. – М: КноРус, 2021. – 488 с.
6. Челпанов И.Б. Устройство промышленных роботов. Учебник. Санкт-Петербург: Политехника, 2001. – 203 с.
7. Архипов М.В. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами. Учебное пособие для вузов. – М: ЮРАЙТ, 2016. – 170 с.
8. Зенкевич, СЛ. Основы управления манипуляционными роботами: учебник для вузов / С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко. – 2-е изд., исправ. и доп. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 480 с.
9. Москвичев А.А. Захватные устройства промышленных роботов и манипуляторов: Учебное пособие. – М.: Форум, 2015. – 176 с.